

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.13
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 42 часа;
Лабораторные работы	8 семестр - 14 часов;
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Перекрестный опрос Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макаров П.Г.
	Идентификатор	R9a51899a-MakarovPG-4f257daf

П.Г. Макаров

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaae29

А.С. Дмитриев

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю. Пузина

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении процессов химических, физических и биологических методах синтеза наночастиц и наноматериалов, о способах контролируемого роста для получения наночастиц требуемого размера и формы, о методах синтеза пленок и покрытий, массивных наноструктурированных и микропористых материалов, о стабилизации дисперсий наночастиц в полярных и неполярных средах и самоорганизации наночастиц в пленках и объемных структурах

Задачи дисциплины

- изучение особенностей методов и приборов для исследования, анализа и диагностики наночастиц и наноматериалов;
- получение обучающимися информации о методах исследования состава и свойств наночастиц и других нанообъектов;
- получение обучающимися навыков обосновывания выбор методов исследования свойств нанообъектов;
- изучение основных понятий о физико-химических методах исследований, различных типах микроскопии и свойствах наночастиц и наноматериалов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах	ИД-3ПК-2 Владеет экспериментальными методами исследования процессов и свойств наноразмерных материалов	знать: - технологии получения наночастиц и наноматериалов. уметь: - самостоятельно проводить расчеты процессов получения наночастиц и наноматериалов, сопоставлять с данными других авторов.
ПК-3 Способен к разработке наноразмерных материалов и устройств	ИД-4ПК-3 Способен анализировать механические, электромагнитные и теплофизические свойства в низкоразмерных материалах и устройствах	знать: - материалы, применяемые в процессах получения наночастиц и наноматериалов, знать их классификацию и маркировку. уметь: - самостоятельно проводить измерения отдельных характеристик систем получения наночастиц и наноматериалов, правильно подбирать материалы и параметры диспергирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать физика (общая)
- знать химия
- знать математика
- знать электротехника и электроника
- знать квантовая механика
- знать прикладная физика
- знать квантовая и оптическая электроника

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа						СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Классификация методов получения наноматериалов	26	8	6	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Классификация методов получения наноматериалов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 11-30 [2], 166-260 [3], 7-17 [4], 60-80</p>	
1.1	Знакомство с методами нанотехнологического синтеза	13		3	-	4	-	-	-	-	-	6	-		
1.2	Принципы классификации	13		3	-	4	-	-	-	-	-	6	-		
2	Физическое диспергирование	30		6	4	8	-	-	-	-	-	12	-		<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физическое диспергирование"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 171-213 [3], 37-53</p>
2.1	Методы физического диспергирования	9		2	4	-	-	-	-	-	-	3	-		
2.2	Методы распыления	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-			
2.3	Методы, основанные на процессах испарения-конденсации	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-			
2.4	Вакуум-сублимационные методы	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-			
2.5	Методы превращений в твердом состоянии	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-			
3	Механическое диспергирование	30	6	4	8	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу</p>		
3.1	Методы	11	2	4	2	-	-	-	-	-	3	-			

	механического диспергирования												"Механическое диспергирование" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 248-259 [3], 20-37
3.2	Методы механического измельчения	7	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
3.3	Методы интенсивной пластической деформации	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
3.4	Методы механического воздействия различных сред	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
4	Химическое диспергирование	28	4	4	8	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Химическое диспергирование"
4.1	Методы химического диспергирования	10	1	4	2	-	-	-	-	-	3	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 95-129 [3], 53-73
4.2	Методы на основе проведения химических реакций	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
4.3	Электрохимические методы	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
4.4	Методы, сочетающие химические и физические превращения	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
5	Процессы "сверху-вниз" и "снизу-вверх"	30	6	2	10	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Процессы "сверху-вниз" и "снизу-вверх""
5.1	Основные химические реакции, приводящие к синтезу наночастиц в жидких средах	11	2	2	4	-	-	-	-	-	3	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 213-247 [3], 88-105
5.2	Получение углеродных наноматериалов	9	2	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
5.3	Особенности некоторых конкретных процессов синтеза	5	1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
5.4	Биологические	5	1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	

	методы синтеза наночастиц и наноматериалов												
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	28	14	42	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	180.0	28	14	42	2		-		0.5	93.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Классификация методов получения наноматериалов

1.1. Знакомство с методами нанотехнологического синтеза

Основные требования, предъявляемые к методам получения наночастиц и наноматериалов. Различные способы классификации методов получения наноматериалов.

1.2. Принципы классификации

Разделение методов по типу фазового перехода. Разделение методов по принципу синтеза: «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Разделение методов по дальнейшему применению получаемого продукта. Разделение методов по типу основного процесса синтеза. Основные отличия методов механического, физического и химического диспергирования.

2. Физическое диспергирование

2.1. Методы физического диспергирования

основные особенности. характерные размеры. области применения получаемых частиц.

2.2. Методы распыления

распыление струи расплава жидкостью или газом. двойное распыление. центробежное распыление. спиннингование.

2.3. Методы, основанные на процессах испарения-конденсации

плазменная технология. лазерный нагрев. электродуговое расплавление. электрический взрыв проводников. резистивный метод. ионный способ.

2.4. Вакуум-сублимационные методы

испарительное замораживание. контактная кристаллизация.

2.5. Методы превращений в твердом состоянии

контролируемая кристаллизация из аморфного состояния. циклические превращения. упорядочивание нестехиометрических соединений. облучение высокоэнергетическими частицами.

3. Механическое диспергирование

3.1. Методы механического диспергирования

основные особенности. характерные размеры. области применения получаемых частиц.

3.2. Методы механического измельчения

шаровые, планетарные, вибрационные, вихревые, гироскопические и пр. мельницы. атриторные устройства.

3.3. Методы интенсивной пластической деформации

кручение под высоким давлением. равноканальное угловое прессование. всесторонняя ковка. равноканальная угловая вытяжка. «песочные часы». интенсивное трение скольжением.

3.4. Методы механического воздействия различных сред

кавитационно-гидродинамический. вибрационный методы. ударная волна. ультразвук. детонация.

4. Химическое диспергирование

4.1. Методы химического диспергирования
основные особенности. характерные размеры. области применения получаемых частиц.

4.2. Методы на основе проведения химических реакций
методы осаждения. гетерофазное взаимодействие. золь-гельный метод. криогенная технология испарения растворителя. сублимационная сушка. испарительное терморазложение.

4.3. Электрохимические методы
метод электроосаждения. электрофлотационный метод. способ жидкометаллического катода. электрохимический синтез.

4.4. Методы, сочетающие химические и физические превращения
лазерная технология. электродуговой разряд. плазменный способ.

5. Процессы "сверху-вниз" и "снизу-вверх"

5.1. Основные химические реакции, приводящие к синтезу наночастиц в жидких средах
Особенности формирования коллоидных растворов. Области их применения.

5.2. Получение углеродных наноматериалов
Синтез нанопроволок и наностержней металлов. Методы получения углеродных наноматериалов. Лазерно-термический способ получения углеродных нанотрубок.

5.3. Особенности некоторых конкретных процессов синтеза
Классификация CVD и PVD процессов по давлению и способам введения прекурсоров. Пиролитические способы. Методы плазмохимического осаждения в зависимости от способа образования плазмы. Особенности осаждения в плазме и лазерном луче.

5.4. Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов

3.3. Темы практических занятий

1. Анализ синтеза нанопроволоки и наностержней металлов. Синтез магнитных наночастиц в полярных и неполярных средах;
2. Анализ методов получения углеродных наноматериалов; анализ пиролитических способов, методов плазмохимического осаждения в зависимости от способа образования плазмы. Анализ особенности осаждения в плазме и лазерном луче. Лазерно-термический способ получения углеродных нанотрубок;
3. Анализ методов механического измельчения – шаровые, планетарные, вибрационные, вихревые, гироскопические и пр. мельницы;
4. Сравнение различных видов классификации методов диспергирования – по типу фазового перехода; по «философии» производства – «сверху вниз»/«снизу вверх», по принципу производства, по типу основного процесса синтеза;

5. Определение качественных отличий между различными процессами диспергирования – характерные размеры частиц, прикладываемые усилия;
6. Анализ процессов испарения-конденсации – плазменная технология, лазерный нагрев, электродуговое расплавление, электрический взрыв проводников, резистивный метод, ионный способ;
7. Анализ методов интенсивной пластической деформации – кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование, всесторонняя ковка, равноканальная угловая вытяжка и пр.;
8. Анализ методов распыления – распыление струи расплава жидкостью или газом, двойное распыление, центробежное распыление, спиннингование;
9. Анализ методов превращений в твердом состоянии – контролируемая кристаллизация из аморфного состояния, циклические превращения, упорядочивание нестехиометрических соединений, облучение высокоэнергетическими частицами;
10. Анализ методов механического воздействия различных сред – кавитационно-гидродинамический, вибрационный методы, ударная волна, ультразвук, детонация;
11. Анализ методов химического диспергирования – методы осаждения, гетерофазное взаимодействие, золь-гельный метод, криогенная технология испарения растворителя, сублимационная сушка и пр.;
12. Анализ электрохимических методов – метод электроосаждения, электрофлотационный метод, способ жидкометаллического катода, электрохимический синтез;
13. Анализ методов, сочетающих химические и физические превращения – лазерная технология, электродуговой разряд, плазменный способ;
14. Анализ вакуум-сублимационной техники – испарительное замораживание, контактная кристаллизация;
15. Анализ основных химических реакций, приводящих к синтезу наночастиц в жидких средах. Формирование золей - коллоидные растворы.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Изучение процессов формирования золей и коллоидных растворов;
2. Изучение электрохимического синтеза наноматериалов;
3. Исследование диспергирования твердых тел методами механического воздействия различных сред;
4. Исследование методов контролируемой кристаллизации.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Классификация методов получения наноматериалов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физическое диспергирование"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Механическое диспергирование"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Химическое диспергирование"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Процессы "сверху-вниз" и "снизу-вверх""

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
Знать:							
технологии получения наночастиц и наноматериалов	ИД-3 _{ПК-2}		+	+	+		Перекрестный опрос/Классификация способов получения наноматериалов Перекрестный опрос/Методы механического и химического диспергирования Перекрестный опрос/Методы физического диспергирования Контрольная работа/Процессы получения наноматериалов
материалы, применяемые в процессах получения наночастиц и наноматериалов, знать их классификацию и маркировку	ИД-4 _{ПК-3}	+					Перекрестный опрос/Классификация способов получения наноматериалов Перекрестный опрос/Методы механического и химического диспергирования Перекрестный опрос/Методы физического диспергирования Контрольная работа/Процессы получения наноматериалов
Уметь:							
самостоятельно проводить расчеты процессов получения наночастиц и наноматериалов, сопоставлять с данными других авторов	ИД-3 _{ПК-2}		+	+	+	+	Перекрестный опрос/Классификация способов получения наноматериалов Перекрестный опрос/Методы механического и химического

							диспергирования Перекрестный опрос/Методы физического диспергирования Контрольная работа/Процессы получения наноматериалов
самостоятельно проводить измерения отдельных характеристик систем получения наночастиц и наноматериалов, правильно подбирать материалы и параметры диспергирования	ИД-4ПК-3					+	Перекрестный опрос/Классификация способов получения наноматериалов Перекрестный опрос/Методы механического и химического диспергирования Перекрестный опрос/Методы физического диспергирования Контрольная работа/Процессы получения наноматериалов

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Процессы получения наноматериалов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Классификация способов получения наноматериалов (Перекрестный опрос)
2. Методы механического и химического диспергирования (Перекрестный опрос)
3. Методы физического диспергирования (Перекрестный опрос)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологии : учебное пособие / В. В. Старостин ; Общ. ред. Л. Н. Патрикеев . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 . – 431 с. – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-947747-27-0 .;
2. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин . – М. : Физматлит, 2009 . – 456 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8 .;
3. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури . – 2-е изд . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 . – 365 с. – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-9963-0345-8 .;
4. Дмитриев А. С.- "Введение в нанотеплофизику", (2-е изд.), Издательство: "Лаборатория знаний", Москва, 2020 - (793 с.)
<https://e.lanbook.com/book/135485>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-425/1, Учебная лаборатория теплофизики наноструктур	стол, лабораторный стенд
	М-425/2, Лаборатория исследования мезо- и наноструктур	стол, оборудование для экспериментов, запасные комплектующие для оборудования

	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-423/1, Аудитория каф. "НТ"	стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы получения наночастиц и наноматериалов

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Классификация способов получения наноматериалов (Перекрестный опрос)

КМ-2 Методы физического диспергирования (Перекрестный опрос)

КМ-3 Методы механического и химического диспергирования (Перекрестный опрос)

КМ-4 Процессы получения наноматериалов (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Классификация методов получения наноматериалов					
1.1	Знакомство с методами нанотехнологического синтеза		+	+	+	+
1.2	Принципы классификации		+	+	+	+
2	Физическое диспергирование					
2.1	Методы физического диспергирования		+	+	+	+
2.2	Методы распыления		+	+	+	+
2.3	Методы, основанные на процессах испарения-конденсации		+	+	+	+
2.4	Вакуум-сублимационные методы		+	+	+	+
2.5	Методы превращений в твердом состоянии		+	+	+	+
3	Механическое диспергирование					
3.1	Методы механического диспергирования		+	+	+	+
3.2	Методы механического измельчения		+	+	+	+
3.3	Методы интенсивной пластической деформации		+	+	+	+
3.4	Методы механического воздействия различных сред		+	+	+	+
4	Химическое диспергирование					

4.1	Методы химического диспергирования	+	+	+	+
4.2	Методы на основе проведения химических реакций	+	+	+	+
4.3	Электрохимические методы	+	+	+	+
4.4	Методы, сочетающие химические и физические превращения	+	+	+	+
5	Процессы "сверху-вниз" и "снизу-вверх"				
5.1	Основные химические реакции, приводящие к синтезу наночастиц в жидких средах	+	+	+	+
5.2	Получение углеродных наноматериалов	+	+	+	+
5.3	Особенности некоторых конкретных процессов синтеза	+	+	+	+
5.4	Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов	+	+	+	+
Вес КМ, %:		25	25	25	25